

# Проблемно-ориентированная платформа трансфера знаний для поддержки принятия решений в социотехнических системах

© Цыганок В.В.

Институт проблем регистрации информации Национальной академии наук Украины,  
Киев, Украина

[tsyganok@ipri.kiev.ua](mailto:tsyganok@ipri.kiev.ua)

© Борохвостов И.В.

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники  
Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

[borohvostov@gmail.com](mailto:borohvostov@gmail.com)

© Роик П.Д.

Институт проблем регистрации информации Национальной академии наук Украины,  
Киев, Украина

[paulroyik@gmail.com](mailto:paulroyik@gmail.com)

## Аннотация

Работа посвящена одной из актуальных проблем глобального характера, а именно, проблеме повышения уровня использования имеющихся знаний в различных областях жизнедеятельности. Особое место в таких областях занимают социотехнические системы, в которых человеческий фактор является существенным. Показано, что довольно значительная доля знаний в определенной области являются неформализованными и базируются только лишь на навыках, опыте и интуиции определенных специалистов-экспертов. Из этого следует необходимость использования помимо всех прочих видов знаний, в том числе и экспертных знаний.

Поскольку, методы и модели получения, обработки и применения знаний при поддержке принятия решений, которые бы предоставляли возможность одновременно использовать в полной мере как имеющиеся в наличии (явные, формализованные) знания об определенной слабо структурированной предметной области, так и неформализованные знания (полученные из источников информации разной природы и от экспертов) сейчас в полной мере не разработаны, то разработка таких методов и моделей приобрела актуальность. Требования по их разработке связаны с созданием проблемно-ориентированной платформы трансфера знаний, которая и направлена на решение глобальной проблемы как можно более полного использования накопленных человечеством знаний.

Модели предметных областей предложено представлять в виде иерархической древовидной целевой структуры, которая получается в процессе групповой декомпозиции определенной проблемы в предметной области. Модель предметной области строится с использованием всех доступных знаний: как явных, так и неформализованных - экспертных.

Предложено разработать веб-ориентированную платформу, где основным актером является инженер по знаниям, который, владея определенными знаниями в предметной области, пользуясь инструментарием экстрагирования знаний и организовывая групповые экспертизы создает модели предметных областей в виде соответствующих баз знаний. Предусмотрено, что в состав платформы включается профессиональная социальная сеть, объединяющая специалистов-экспертов разных направлений деятельности, как источников получения знаний. В дальнейшем на основе созданной базы знаний генерируются рекомендации для лиц, принимающих решения в социотехнических системах.

**Ключевые слова:** платформа трансфера знаний, социотехническая система, слабоструктурированная область, база знаний, поддержка принятия решений.

## 1 Вступление

Одной из актуальных проблем глобального характера на сегодня в мире остается проблема как можно более полного использования имеющихся знаний. Эффективность применения знаний в различных областях, несомненно, принадлежит множеству важнейших факторов, от которых напрямую зависит всеобъемлющее развитие человечества. Согласно исследованиям, проводимым американской компанией Delphi Group в начале нынешнего тысячелетия [1], довольно значительная доля знаний, используемых определенной организацией являются неформализованными и не зарегистрированы на носителях информации. Эти знания базируются только лишь на навыках, опыте и интуиции определенных специалистов-экспертов (см. рис. 1).

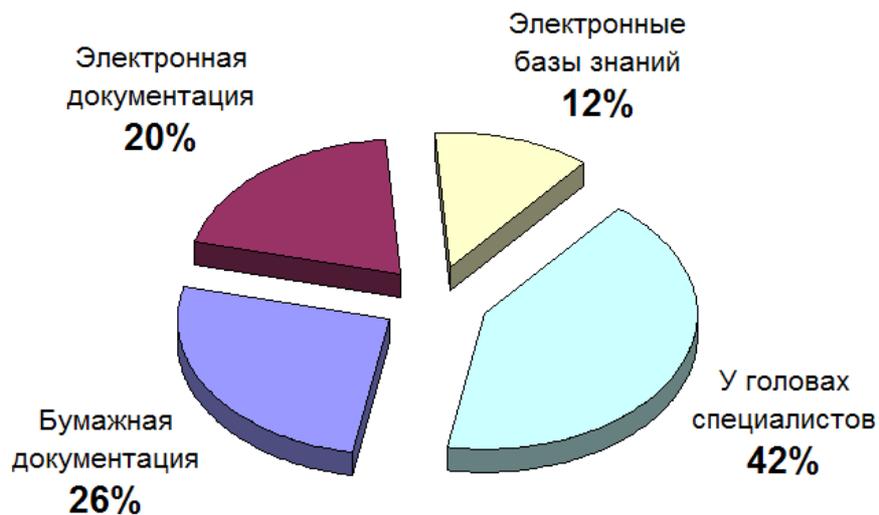


Рис. 1. Состав знаний, используемых определенной организацией в США (по результатам исследования Delphi Group)

Поэтому при принятии обоснованных решений в разных сферах деятельности нужно опираться на все имеющиеся знания, как доступные на текущий момент, зарегистрированные на определенных носителях, так и экспертные. Это особенно касается слабо структурированных предметных областей, где уровень неопределенности и неполноты информации по обыкновению очень высокий. Кроме того, для полноты использования знаний нужно задействовать текстологические методы их получения и обработки, такие как Natural Language Processing, контент-мониторинг, Data Mining, анализ онтологий, и т.п.

Идеей, направленной на внесение значительного вклада у решение выше упомянутой проблемы, может быть интеграция знаний разной природы, полученных в результате их автоматизированного экстрагирования из разных источников, которые изменяются во времени, с экспертными и формализованными знаниями, их обработка и хранения в соответствующих базах с последующей передачей (трансфером) этих знаний для использования при поддержке принятия решений. Базируясь на этой идее предлагается создать соответствующую проблемно-ориентированную аппаратно-программную платформу трансфера знаний, схема которой предлагается на рис. 2.

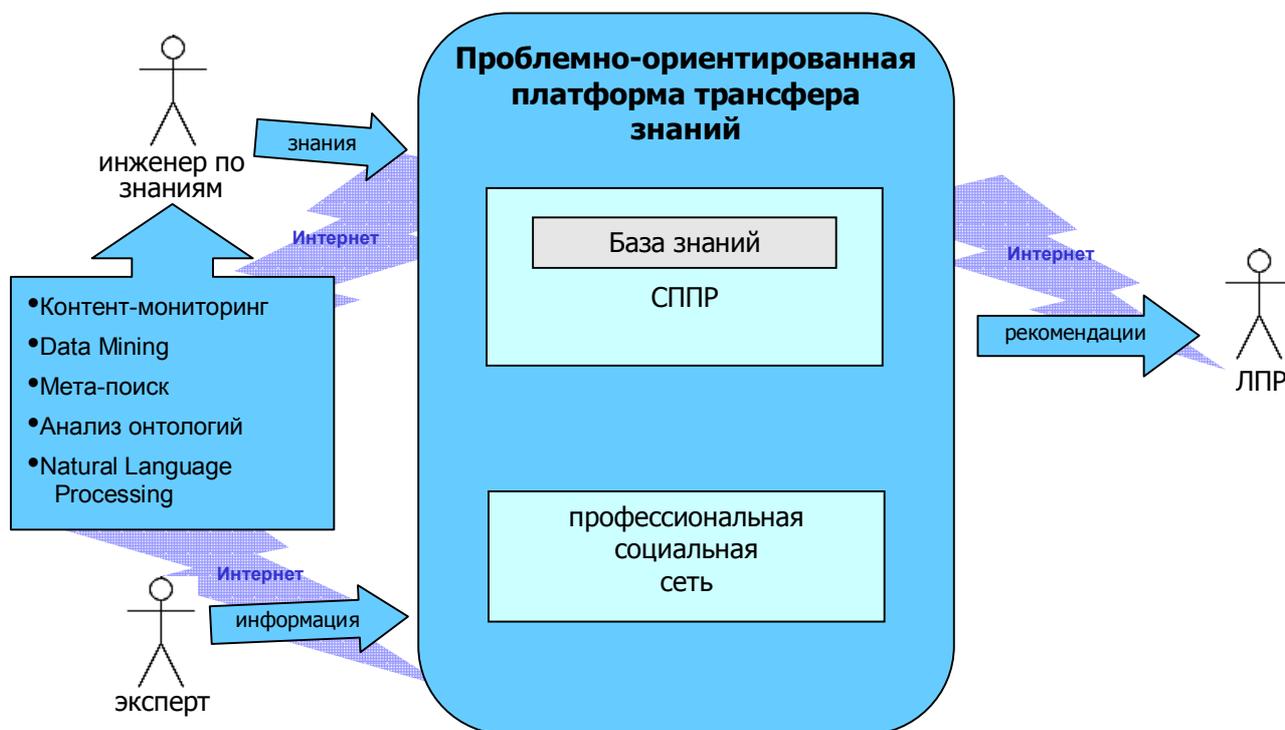


Рис. 2. Схема проблемно-ориентированной платформы трансфера знаний

Предполагается, что основным актером в системе является инженер по знаниям, который, владея определенными знаниями в предметной области, пользуясь инструментарием экстрагирования знаний и организовывая групповые экспертизы создает модели предметных областей в виде соответствующих баз знаний. В дальнейшем на основе созданной базы знаний генерируются рекомендации для лиц, принимающих решения (ЛПР). Функционально в системе за генерацию рекомендаций отвечает система поддержки принятия решений (СППР), как составляющая проблемно-ориентированной платформы трансфера знаний [2]. Еще одной составляющей платформы должны быть профессиональная социальная сеть, объединяющая специалистов-экспертов разных направлений деятельности, как источников получения знаний. Относительная компетентность этих специалистов в текущем вопросе является неотъемлемым фактором при учете предоставленной ими информации [3].

## 2 Цели создания проблемно-ориентированной платформы трансфера знаний

Основной целью создания проблемно-ориентированной платформы есть повышение эффективности применения разных видов знаний при поддержке принятия решений в слабо структурированных предметных областях, к которым относятся социотехнические системы, включающие в себя человеческую и технологическую составляющую. Цель будет достигнута путем разработки методов, моделей и программных средств, позволяющих более эффективно получать знания из различных источников, одновременно обрабатывать знания разной природы и применять их для выработки управленческих рекомендаций. Актуальность научных исследований обусловлена тем, что значительная доля знаний в слабо структурированных областях является незарегистрированной и недоступной для использования на текущий момент, причем, существенным процентом неформализованных знаний владеют лишь определенные специалисты благодаря своему уникальному опыту и интуиции. Целесообразно при построении баз знаний использовать все доступные знания, как явные (формализованные), так и неявные (которые могут быть полученные в информационных сетях и при обращении к экспертам).

На основе баз знаний, построенных путем декомпозиции и структуризации неформализованных проблем, применяя разработанные методы поддержки принятия решений, планируется разработать удобные механизмы предоставления знаний для использования лицами, которые в них нуждаются. Для дальнейшего их эффективного применения возникает потребность в обработке знаний разной природы, полученных из разных источников: общей их проверки на достоверность, полноту, сбалансированность, согласованность, возможность их систематизации и обобщения.

Следует отметить, что методы и средства, которые способствуют повышению уровня применения таких знаний, в полной мере не разработаны. Результатом исследований становятся новые методы, модели и созданные на их основе программные средства, позволяющие с достаточной полнотой получать знания об определенной слабо структурированной предметной области, одновременно обрабатывать знания разной природы, при необходимости – формализовать их, а также сформировать механизм использования этих знаний лицами, принимающими решения в разных областях.

Итак, существует необходимость создания ряда новых методов и моделей:

- методов систематизации неявных знаний;
- моделей и методов совместного использования явных и неявных знаний при создании проблемно-ориентированных баз знаний;
- моделей и методов эффективного получения знаний от экспертов и инженеров по знаниям с учетом их относительной компетентности;
- методов определения адекватности моделей слабо структурированных предметных областей (при условии отсутствия эталонов и уникальности решений);
- эффективных методов поддержки принятия решений на основе созданных баз знаний в слабо структурированных неформализованных предметных областях.

При разработке

- методов систематизации неявных знаний будут использованы методы системного анализа – метод декомпозиции при построении структурной модели предметной области, методы теории графов для анализа сетевой структуры базы знаний, линейной алгебры при обработке информации в матричном виде, и т.п.;
- моделей и методов совместного использования явных и неявных знаний при создании проблемно-ориентированных баз знаний целесообразно применять методы количественного и качественного анализа (для соответствующих видов знаний), методы Natural Language Processing для анализа текстовых данных информационного поиска, контент-мониторинга для выявления понятийных сущностей, методы математической статистики при оценивании статистических данных контент-мониторинга, методы определения согласованности экспертных оценок с целью их возможного применения для определения согласованности знаний разной природы, и т.п.;
- моделей и методов эффективного получения знаний от экспертов и инженеров по знаниям с учетом их относительной компетентности могут применяться методы экспертного оценивания (метод парных сравнений, в том числе для группового оценивания [4], с использованием шкал разной подробности [5], с обратной связью с экспертами [6], методы группового ординального оценивания [7,8], и т.п.), методы

определения согласованности экспертных знаний (предложенный авторский показатель согласованности с двойным применением формулы энтропии [9], спектральный коэффициент согласованности [10], consistency index [11] и др.), агрегации экспертных оценок (авторский комбинаторный метод – перебора покровных деревьев – в модификациях с вычислением среднего арифметического и среднего геометрического [12, 13], метод собственного вектора [14], метод логарифмических наименьших квадратов [15]), и т.п.;

- методов определения адекватности моделей слабо структурированных предметных областей и соответствующих критериев будут применены имеющиеся методы математической статистики для определения критериев адекватности моделей, таких как критерий Фишера и др;

- эффективных методов поддержки принятия решений (на основе баз знаний, созданных в слабо структурированных неформализованных предметных областях) применимы метод анализа иерархий [11, 14], метод целевого динамического оценивания альтернатив [16], морфологический анализ [17], SWOT-Анализ [18], и т.п. для синтеза более эффективных методов поддержки принятия решений или модификации имеющихся.

### **3 Состояние разработки проблемы и предполагаемые пути для ее решения**

В настоящее время имеющиеся методы получения и обработки знаний при поддержке принятия решений разделяют на коммуникативные (мозговой штурм, круглый стол, анкетирование, интервью, групповые и индивидуальные экспертные парные сравнения, и т.п.) и текстологические (Natural Language Processing, контент-мониторинг, Data Mining, анализ онтологий, и т.п.) [19]. Эти методы предназначены для оперирования знаниями, принадлежащими лишь к некоторым определенным категориям. Так, в условиях строгих временных ограничений нецелесообразно организовывать групповую экспертизу из-за долгой продолжительности и высокой стоимости процедур сбора экспертных знаний. В тот же время, для основательного, полного и всестороннего описания междисциплинарной проблемы в слабо структурированной предметной области недостаточно ограничиваться лишь результатами контент-мониторинга и Data Mining'a; для повышения достоверности такого описания целесообразно привлекать также экспертные знания. Междисциплинарный характер проблемы не позволяет ограничиться лишь онтологиями отдельных специализированных предметных областей, которые, при этом не одинаково детализированы. Величины взаимного влияния ключевых понятий онтологии в контексте разных по смыслу проблем могут не совпадать. Data Mining в слабо структурированных предметных областях характеризуется проблемами нерепрезентативности и недостаточности данных.

Попытки использования результатов Data Mining, NLP, контент-мониторинга в качестве входных данных для экспертных методов являются нецелесообразными вследствие невозможности определения количественных соотношений между объектами базы знаний и невозможности организовать процесс повышения согласованности данных путем обратной связи с источниками информации.

Кроме того, модели предметных областей в виде иерархической древовидной целевой структуры (например, метод анализа иерархий Саати [11]) не могут быть достаточно адекватны к слабо структурированным системам, моделируемых через использование в них лишь объектов качественного (не количественного) характера – ориентация лишь на экспертное оценивание, наличие исключительно положительных влияний (связей) между объектами, отсутствие обратных связей в иерархии, отсутствие учета динамики влияния, и т.п.

Относительно применения экспертного оценивания при получении знаний, то есть необходимость предоставлять возможность экспертам в ходе экспертизы использовать шкалы разной подробности [20] с целью по возможности полного получения знаний от каждого эксперта с непричинением давления на него. Это дополнительно предоставляет возможность учитывать относительную компетентность каждого эксперта в определенном вопросе экспертизы.

### **4 Выводы**

Итак, методы и модели получения, обработки и применения знаний при поддержке принятия решений, которые бы предоставляли возможность одновременно использовать в полной мере как имеющиеся знания об определенной слабо структурированной предметной области, так и неформализованных знаниях (полученные из источников информации разной природы и от экспертов) сейчас не разработаны, хотя необходимость их разработки уже приобрела актуальность. Требования по их разработке связаны с созданием проблемно-ориентированной платформы трансфера знаний, направленной на решение глобальной проблемы как можно более полного использования накопленных человечеством знаний.

Исследования выполнены в рамках проекта Ф73/23558 «Разработка методов и средств поддержки принятия решений при выявлении информационных операций». Проект является победителем конкурса Ф73 на грантовую поддержку научно-исследовательских проектов Государственного фонда фундаментальных исследований Украины и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

## Литература

1. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии). Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
2. Циганок В.В. Концепція створення систем підтримки прийняття рішень, що адаптивні до рівня компетентності експертів. Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. №2. – С.106-114.
3. Каденко С.В., Циганок В.В. Визначення відносної компетентності експертів під час агрегації парних порівнянь. Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2017. – т.19. №2. – С.69-83.
4. Zgurovsky M.Z., Totsenko V.G., Tsyganok V.V. Group Incomplete Paired Comparisons with Account of Expert Competence. *Mathematical and Computer Modelling*. – February 2004. – v.39, №4-5. – P.349-361.
5. Tsyganok V.V., Kadenko S.V. & Andriichuk O.V. Using different pair-wise comparison scales for developing industrial strategies. *International Journal of Management and Decision Making*. – 2015. – vol. 14, issue 3. – P. 224-250.
6. Totsenko V.G., Tsyganok V.V. Method of paired comparisons using feedback with expert. *Journal of Automation and Information Sciences*. – 1999. – Vol.31, No9. – P.86-97.
7. Tsyganok V.V., Kadenko S.V. On Sufficiency of the Consistency Level of Group Ordinal Estimates. *Journal of Automation and Information Sciences*. – 2010. – v.42, issue 8. – P.42-47.
8. Tsyganok V.V. Providing sufficient strict individual rankings' consistency level while group decision-making with feedback. *Journal of Modelling in Management*. – 2013. – vol. 8, issue 3. – P. 339-347.
9. Olenko Andriy & Tsyganok Vitaliy Double Entropy Inter-Rater Agreement Indices. *Applied Psychological Measurement*. – 2016. – v.40(1). – P.37-55.
10. Totsenko V.G. Spectral Method for Determination of Consistency of Expert Estimate Sets / V.G.Totsenko // *Engineering Simulation*. – 2000. – 17. – P.715-727.
11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Tomas Saaty. *The Analytic Hierarchy Process*. – Пер. с англ. Р.Г.Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 315 с.
12. Циганок В.В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом. Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2000. – Т.2, №2. – С.92-102.
13. Tsyganok V.V. Investigation of the aggregation effectiveness of expert estimates obtained by the pairwise comparison method. *Mathematical and Computer Modelling*. – August 2010. – v.52, №3-4. – P.538-544.
14. Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. N.Y.: McGraw Hill. – 1980. – 287 p.
15. Bozoki S., Fulop J., Ronyai L. On optimal completion of incomplete pairwise comparison matrices. *Mathematical and Computer Modelling*. – 2010: 52(1-2), P. 318-333.
16. Totsenko V.G. One Approach to the Decision Making Support in R&D Planning. Part 2. The Method of Goal Dynamic Estimating of Alternatives. *Journal of Automation and Information Sciences*. – 2001. – vol. 33, #4. – P. 82-90.
17. Панкратова Н.Д., Савченко І.О. Морфологічний аналіз. Теорія, проблеми, застосування. – Київ: Наук. думка, 2015. – 245 с.
18. Майсак О.С. SWOT-аналіз: об'єкт, фактори, стратегії. Проблема пошуку зв'язків між факторами. *Прикаспійський журнал: управління і високі технології*. – 2013. – № 1 (21). – С.151-157.
19. Таран Т.А., Зубов Д.А. Штучний інтелект. Теорія і застосування. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. – 240 с.
20. Циганок В.В. Вибір шкали оцінювання експертом у процесі виконання ним парних порівнянь в системах підтримки прийняття рішень. Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №3. – С.92-105.

# Problem-oriented Knowledge Transfer Platform for Decision-making Support in Socio-technical Systems

© Vitaliy V. Tsyganok

Institute for Information Recording of National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

[tsyganok@ipri.kiev.ua](mailto:tsyganok@ipri.kiev.ua)

© Ihor V. Borokhvostov

Central Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

[borokhvostov@gmail.com](mailto:borokhvostov@gmail.com)

© Pavlo D. Roik

Institute for Information Recording of National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

[paulroyik@gmail.com](mailto:paulroyik@gmail.com)

## Abstract

The paper addresses one of the relevant problems of global nature, namely, the problem of increasing the efficiency of available knowledge usage in different spheres of life and activity. A special domain among these spheres belongs to socio-technical systems, where human factor is very significant. It is shown that a considerable portion of knowledge in some particular domain is un-formalized, and based solely on skills, experience, and intuition of the specialists/experts. This calls for utilization of expert knowledge, in addition to all other knowledge types.

Methods and models for obtaining, processing, and application of knowledge during decision-making, which could allow us to fully utilize both available (explicit, formalized) knowledge about some weakly-structured domain and un-formalized knowledge about it (obtained from sources of different nature as well as from experts), are not yet thoroughly developed. Consequently, development of such methods and models has gained relevance. Requirements, concerning their development, are associated with creation of a problem-oriented knowledge transfer platform, meant to solve the global problem of the most efficient and thorough utilization of knowledge, accumulated by humanity.

It is suggested to represent subject domain models in the form of a hierarchical tree-like target-oriented structure that is obtained as a result of decomposition of a certain problem in the subject domain by a group of experts. Subject domain model is built using all available knowledge, both explicit and informal (expert).

It is suggested to develop a web-oriented platform, where the key role belongs to the knowledge engineer, who possesses some knowledge in the subject domain, uses the knowledge extraction tools, and organizes group expert examinations to build subject domain models in the form of respective knowledge bases. It is assumed that the platform includes a professional social network, uniting specialists/experts from different spheres of activity as knowledge sources. At further phases of the process, the developed knowledge base is used to generate recommendations for decision-makers in socio-technical systems.

**Keywords:** knowledge transfer platform, socio-technical system, weakly-structured domain, knowledge base, decision-making support.